

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-284725

(P2001-284725A)

(43)公開日 平成13年10月12日(2001. 10. 12)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 S 5/183

識別記号

F I

H 0 1 S 5/183

テーマコード(参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-98766(P2000-98766)

(22)出願日 平成12年3月31日(2000. 3. 31)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 近藤 貴幸

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人 100090479

弁理士 井上 一 (外2名)

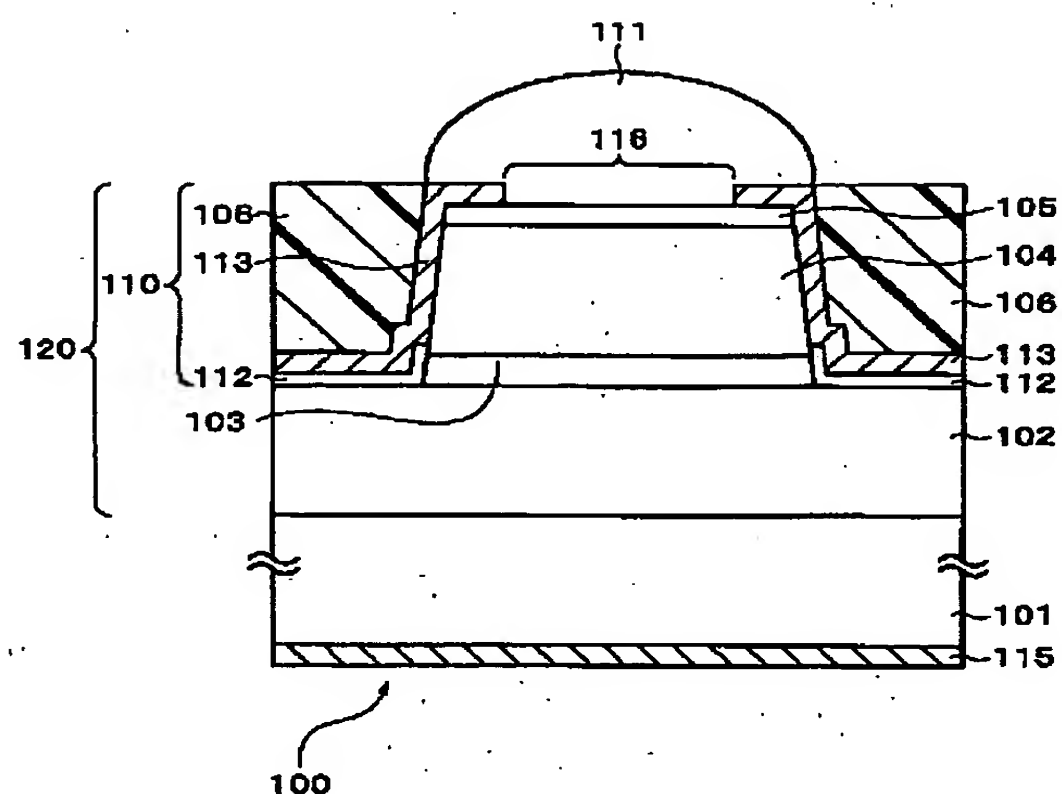
Fターム(参考) 5F073 AA74 AB17 BA01 CA04 CB02  
DA05 DA25 DA31

(54)【発明の名称】 面発光型半導体レーザおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 高レーザ出力が得られ、かつレーザ放射角が狭い面発光型半導体レーザおよびその製法方法を提供する。

【解決手段】 本発明の面発光型半導体レーザ100は、柱状部110を含む共振器120が形成され、凸レンズ形状を有する出射部111が柱状部110の上面に形成される。柱状部110は埋め込み構造を有し、柱状部110の周囲が埋込層106によって埋め込まれて形成される。埋込層106は、出射部111を形成するために用いる材料に対して非親和性を有する物質からなる。



BEST AVAILABLE COPY

(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 共振器が半導体基板上に垂直方向に形成され、該共振器より該半導体基板に垂直な方向へレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、前記共振器は、少なくとも一部に柱状の半導体堆積体を含み、凸レンズ形状を有する出射部が前記半導体堆積体の上面に形成され、前記半導体堆積体は埋め込み構造を有し、その周囲が埋込層によって埋め込まれており、前記埋込層は、前記出射部を形成するために用いる材料に対して非親和性を有する物質から形成される、面発光型半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1において、前記物質が樹脂である、面発光型半導体レーザ。

【請求項3】 請求項2において、前記樹脂がフッ素系樹脂である、面発光型半導体レーザ。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかにおいて、前記共振器に電流を注入するための電極が、前記半導体堆積体の上面に形成されている、面発光型半導体レーザ。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかにおいて、前記半導体堆積体と前記出射部との接合面における該出射部の径が、前記半導体堆積体の上面の径とほぼ等しい、面発光型半導体レーザ。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかにおいて、前記電極は金属からなる、面発光型半導体レーザ。

【請求項7】 請求項1～6のいずれかにおいて、前記出射部は、高分子化合物からなる、面発光型半導体レーザ。

【請求項8】 以下の工程(a)～(c)を含む面発光型半導体レーザの製造方法。

(a) 半導体基板上に、柱状の半導体堆積体を含む共振器を形成する工程、

(b) 前記半導体堆積体の上面の所定領域が露出した状態で、前記共振器に電流を注入するための電極を形成する工程、

(c) 硬化させると凸レンズ形状を有する出射部を形成するための液状物に対して非親和性を有する物質によって前記半導体堆積体の周囲を埋め込むことにより、該半導体堆積体の周囲に埋込層を形成して、該半導体堆積体を埋め込み構造とする工程、

(d) 前記半導体堆積体の上面に前記液状物を配置する工程、および

(e) 前記液状物を硬化させて、前記出射部を形成する工程。

【請求項9】 請求項8において、前記物質が樹脂である、面発光型半導体レーザの製造方法。

2

【請求項10】 請求項9において、前記樹脂がフッ素系樹脂である、面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項11】 請求項8～10のいずれかにおいて、前記工程(d)は、ディスペンサノズルの先端に前記液状物の液滴を作り、前記液滴を前記半導体堆積体の上面に接触させることにより、該液状物を該上面に配置する工程である、面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項12】 請求項8～11のいずれかにおいて、前記工程(d)は、インクジェットヘッドを用いて前記液状物を前記半導体堆積体の上面に射出し、該液状物を該上面に配置する工程である、面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項13】 請求項8～12のいずれかにおいて、前記液状物は、熱硬化性樹脂、紫外線硬化型樹脂、あるいは前記熱硬化性樹脂または紫外線硬化型樹脂の前駆体を含む液状物である、面発光型半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体基板に対して垂直にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザおよびその製造方法に関する。

## 【0002】

【背景技術】面発光型半導体レーザは、半導体基板に対して垂直にレーザ光を出射する半導体レーザであり、半導体基板上に垂直方向に共振器が設けられている。この共振器は、レーザ光を発振させた後出射させるものであり、反射層、活性層、反射層が順に積層されて構成される。

【0003】面発光型半導体レーザの優れた特徴の一つとして、端面レーザに比べてレーザ放射角が等方的であり、かつ小さいため、光学素子との結合効率が良いことが挙げられる。このため、面発光型半導体レーザは、たとえば、末端系の大コア径の光ファイバを用いた光ファイバ通信において、光源としての応用が期待されている。

【0004】また、末端系の光ファイバ通信においては、光送信モジュールの構成の簡略化、設置の容易化、および低コスト化が要求されている。そこで、面発光型半導体レーザを大コア径の光ファイバ、たとえばプラスチック光ファイバ等に適用することにより、光ファイバと光源との間にレンズを介さずにレーザ光を光ファイバに直接入射させて、光効率の向上を図る方法が検討されている。この方法によれば、効率良く光ファイバにレーザ光を入射することができるため、きわめて簡単な構成の光送信モジュールを実現することができる。

【0005】しかしながら、プラスチック光ファイバには伝達損失が大きいという欠点があるため、伝達距離を長くする必要がある場合には、レーザ光出力の大きな光

(3)

3

源が必要になる。面発光型半導体レーザのレーザ光出力を増やすための一手法として、レーザ光の出射口径を大きくすることが挙げられる。しかしながら、レーザ光の出射口径を大きくするとレーザ光の放射角が大きくなるという問題が生じる。レーザ光の放射角の増大は、結合効率の低下および取りつけマージンの減少などを招く結果となり、光通信モジュールの構成を簡略化することが難しくなる。すなわち、伝送距離の長さを確保することと、光通信モジュールの構成を簡略化することとの両立が難しいという問題があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、高レーザ出力が得られ、かつレーザ放射角が狭い面発光型半導体レーザおよびその製法方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】(A) 本発明にかかる面発光型半導体レーザは、共振器が半導体基板上に垂直方向に形成され、該共振器より該半導体基板に垂直な方向へレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、前記共振器は、少なくとも一部に柱状の半導体堆積体を含み、凸レンズ形状を有する出射部が前記半導体堆積体の上面に形成され、前記半導体堆積体は埋め込み構造を有し、その周囲が埋込層によって埋め込まれており、前記埋込層は、前記出射部を形成するために用いる材料に対して非親和性を有する物質から形成されることを特徴とする。

【0008】ここで、前記出射部を形成するために用いる材料に対して非親和性を有する物質とは、前記出射部を形成するために用いる材料を撥液する性質を有する物質をいう。したがって、前記出射部を形成するために用いる材料は、前記物質に対して濡れ性が低い。

【0009】前記出射部を形成するために用いる材料に対して非親和性を有する物質としては、無機材料や樹脂が挙げられる。たとえば、樹脂の場合には、フッ素系樹脂であることが望ましい。

【0010】この構成によれば、高レーザ出力が得られ、かつレーザ放射角が狭い面発光型半導体レーザとすることができる。詳しくは、本実施の形態の欄で述べる。

【0011】前記面発光型半導体レーザの好ましい態様としては、(1)～(4)を例示できる。

【0012】(1) 前記共振器に電流を注入するための電極を、前記半導体堆積体の上面に形成することができる。

【0013】(2) 前記半導体堆積体と前記出射部との接合面における該出射部の径を、前記半導体堆積体の上面の径とほぼ等しくすることができる。この構成によれば、前記半導体堆積体と前記出射部との接合面における該出射部の径を前記半導体堆積体の上面の径に揃えることができるため、特に面発光型半導体レーザをアレイ化

4

して形成する場合には、大きさの揃った出射部を形成することができる。また、前記半導体堆積体の上面の径と、前記半導体堆積体と前記出射部との接合面における該出射部の径とがほぼ一致することにより、前記出射部の光軸と、前記半導体堆積体の中心を通り該半導体堆積体の上面に垂直な軸とがほぼ一致する。さらに、出射されるレーザ光の光軸は、前記半導体堆積体の中心を通り、該半導体堆積体の上面に垂直な軸とほぼ一致している。したがって、前記出射部の光軸と、レーザ光の光軸と、前記半導体堆積体の中心を通り該半導体堆積体の上面に垂直な軸とがほぼ一致するため、光軸ずれが少ない面発光型半導体レーザを得ることができる。

【0014】(3) 前記電極は金属からなることが望ましい。

【0015】(4) 前記出射部は、高分子化合物からなることが望ましい。

【0016】(B) 本発明にかかる面発光型半導体レーザの製造方法は、以下の工程(a)～(e)により形成することができる。

【0017】(a) 半導体基板上に、柱状の半導体堆積体を含む共振器を形成する工程、(b) 前記半導体堆積体の上面の所定領域が露出した状態で、前記共振器に電流を注入するための電極を形成する工程、(c) 硬化させると凸レンズ形状を有する出射部を形成するための液状物に対して非親和性を有する物質によって前記半導体堆積体の周囲を埋め込むことにより、該半導体堆積体の周囲に埋込層を形成して、該半導体堆積体を埋め込み構造とする工程、(d) 前記半導体堆積体の上面に前記液状物を配置する工程、および(e) 前記液状物を硬化させて、前記出射部を形成する工程。

【0018】ここで、液状物とは、前記出射部を形成するために用いる材料をいい、前記液状物に対して非親和性を有する物質とは、前記液状物を撥液する性質を有する物質をいう。すなわち、前記液状物は前記物質に対して濡れ性が低いという性質を有する。

【0019】この方法によれば、前記液状物に対して非親和性を有する物質によって前記半導体堆積体の周囲を埋め込むことにより、該半導体堆積体の周囲に埋込層を形成して、前記共振器を埋め込み構造とし、さらに、該半導体堆積体の上面に前記液状物を供給してやり、該液状物を硬化させることのみで、マイクロレンズとして機能する出射部をセルフアラインで形成することができる。すなわち、前記半導体堆積体の上面および前記埋込層の表面それぞれに対する前記液状物の濡れ性に差をもたせることにより、前記液状物が表面張力によって自発的に凸レンズ状の形状になり、これを硬化させることで凸レンズ状の形状を有する出射部が得られる。以上のように、本発明の面発光型半導体レーザによれば、前記出射部をセルフアラインで形成することができるため、光軸合わせが不要で光軸ずれのないレーザ出射部をきわめ



(4)

5

て簡単な工程で形成することができる。

【0020】前記工程において、前記物質が樹脂であることが望ましい。

【0021】また、この場合、前記樹脂がフッ素系樹脂であることがより望ましい。フッ素系樹脂は、ほとんどの種類の樹脂液に対して非親和性を有する。一方、面発光型半導体レーザを構成する半導体層や電極の表面は、ほとんどの種類の樹脂液に対して親和性を有する。したがって、前記樹脂としてフッ素系樹脂を用いることにより、前記半導体堆積体の上面に対する前記液状物の濡れ性と、前記樹脂からなる前記埋込層の表面に対する前記液状物の濡れ性との差を大きくすることができ、前記液状物が前記半導体堆積体の上面にのみ付着することになる。その結果、大きさが制御され、かつ、光軸ずれがより少ない出射部を得ることができる。

【0022】前記工程(d)において、上述の半導体堆積体の上面に前記液状物を供給する手段として、たとえば、以下の2つの方法を挙げることができる。

【0023】第1に、ディスペンサノズルの先端に前記液状物の液滴を作り、前記液滴を前記半導体堆積体の上面に接触させることにより、該液状物を該上面に配置する方法である。

【0024】この方法によれば、前記ノズルを用いることで、液状物の粘度、ノズル径、およびノズル先端の液滴量などを調整したり、ノズル先端の表面処理などにより、出射部の厚さを容易に制御することができる。また、ノズルによる液状物の供給方法は、液状物の粘度による影響を受けにくいいため、使用可能な液状物の範囲が広い。さらに、必要なところのみ液状物を確実に供給することができるため、無駄がなく、余計な部分に液状物が付着することもない。

【0025】第2に、インクジェットヘッドを用いて前記液状物を前記半導体堆積体の上面に射出し、該液状物を該上面に配置する方法である。

【0026】かかるインクジェットヘッドを用いた方法によれば、短時間で液状物を前記表面に供給することができ、生産性が高いという特徴を有する。

【0027】また、前述した工程において、前記液状物は、熱硬化性樹脂、紫外線硬化型樹脂、あるいは前記熱硬化性樹脂または紫外線硬化型樹脂の前駆体を含む液状物であることが望ましい。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0029】(デバイスの構造) 図1は、本発明の一実施の形態にかかる面発光レーザを模式的に示す断面図である。

【0030】図1に示す面発光レーザ100は、柱状部110を含む共振器120が半導体基板101上に形成されて構成されている。共振器120は下部ミラー10

6

2、活性層103、上部ミラー104、およびコンタクト層105が積層されて形成されている。共振器120は、n型GaAsからなる半導体基板101上に、n型GaAsからなるバッファ層(図示せず)、n型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asとn型Al<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>Asとを交互に積層した30ペアの分布反射型多層膜ミラー(以下、「下部ミラー」という)102、n型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asからなるn型クラッド層(図示せず)、厚さ4nmのGaAsウエル層と厚さ4nmのAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asとのバリア層からなり、該ウエル層が3層で構成される量子井戸構造の活性層103、Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asからなるp型クラッド層(図示せず)、Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>AsとAl<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>Asとを交互に積層した30ペアの分布反射型多層膜ミラー(以下、「上部ミラー」という)104、およびコンタクト層105が順次積層されて形成されている。

【0031】上部ミラー104は、Znがドーピングされることにより、p型にされ、下部ミラー102は、Seがドーピングされることにより、n型とされている。したがって、上部ミラー104、不純物がドーピングされていない活性層103、および下部ミラー102とでpinダイオードが形成される。

【0032】コンタクト層105は、後述する液状物をはじかない性質を有している。すなわち、後述する液状物は、コンタクト層105に対して濡れ性が高い。また、コンタクト層105は、上部電極113とオーミック接触可能な材質であることが必要で、AlGaAs系材料の場合、たとえば、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高濃度の不純物がドーピングされたAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asからなる。

【0033】共振器120には、前述したように、コンタクト層105、上部ミラー104、および活性層103を含む柱状部110が形成されている。ここで、柱状部とは、共振器120に形成された柱状の半導体堆積体をいう。また、柱状部110の上面には、レーザ光の出射部111が設けられている。

【0034】柱状部110は埋め込み構造を有する。すなわち、柱状部110はその周囲が埋込層106によって埋め込まれている。埋込層106は、後述する出射部111を形成するために用いる材料に対して非親和性を有する物質から形成されたものである。かかる物質としては、たとえば無機材料や樹脂が挙げられる。前記物質が樹脂の場合、フッ素系樹脂が望ましい。本実施の形態においては、出射部111を形成するために用いる材料に対して非親和性を有する前記物質が樹脂である場合を示す。

【0035】さらに、絶縁層112は、柱状部110の側面的一部分および下部ミラー102の上面を覆うようにして形成されている。

【0036】そして、上部電極113は、たとえば、チ

(5)

7

タン、白金、金を順次積層した金属層、あるいは、クロム、金-亜鉛合金、金を順次積層した金属層などからなり、柱状部110の上面において、コンタクト層105とリング状に接触し、露出した柱状部110の側面、および絶縁層112の表面を覆うようにして形成されている。また、上部電極113がコンタクト層105とリング状に接触していることにより、柱状部110の上面には開口部116が形成されている。開口部116において、コンタクト層105と後述する出射部111が接している。なお、本実施の形態においては、上部電極113を構成する金属層の表面が金属である場合について述べたが、埋込層106と密着するものであれば、特に限定されるものではない。

【0037】また、半導体基板101の裏面（半導体基板101において共振器120が形成される面と反対側の面）には、たとえば、Au-Ge合金、ニッケル、金を順次積層した下部電極115が形成されている。

【0038】さらに、出射部111は、柱状部110の上面に、上部電極113で取り囲まれるようにして設けられている。出射部111は透明であり、かつ凸レンズ形状を有する。すなわち、出射部111の上面は凸レンズ面を構成し、レーザビームを屈折させる機能が付与されている。出射部111の材質は、特に限定されるものではないが、たとえば、ポリイミド系樹脂、紫外線硬化型アクリル系樹脂、紫外線硬化型エポキシ系樹脂などの高分子化合物から形成されることが望ましく、ポリイミド系樹脂から形成されているのがより望ましい。

【0039】（デバイスの動作）以下に、面発光レーザ100の動作を説明する。

【0040】上部電極113と下部電極115とで、pinダイオードに順方向の電圧を印加すると、活性層103において、電子と正孔との再結合が起こり、再結合発光が生じる。そこで生じた光が上部ミラー104と下部ミラー102との間を往復する際、誘導放出が起こり、光の強度が増幅される。光利得が光損失を上まわるとレーザ発振が起こり、開口部116から出射部111を経て、半導体基板101に対して垂直方向にレーザ光が出射される。

【0041】（デバイスの製造プロセス）次に、図1に示す面発光レーザ100の製造プロセスについて説明する。図2～図5は、面発光レーザ100の製造工程を示す図である。

【0042】本実施の形態にかかる面発光レーザ100の製造方法は、主に以下の工程（a）～（e）からなる。工程（a）は、半導体基板101上に、柱状部110を含む共振器120を形成する工程である。工程

（b）は、柱状部110の上面の所定領域が露出した状態で、共振器120に電流を注入するための上部電極113を形成する工程である。工程（c）は、硬化させると凸レンズ形状を有する出射部111を形成するための

8

液状物119に対して非親和性を有する物質を用いて、柱状部110の周囲を埋め込むことにより、柱状部110の周囲に埋込層106を形成して、柱状部110を埋め込み構造とする工程である。本実施の形態においては、埋込層106を形成するための前記物質として樹脂を用いた場合を示す。工程（d）は、柱状部110の上面に液状物119を配置する工程である。工程（e）は、液状物119を硬化させて、出射部111を形成する工程である。

【0043】まず、図2を参照しながら、工程（a）について説明する。

【0044】（a）n型GaAsからなる半導体基板101上に、n型GaAsからなるバッファ層（図示せず）、 $Al_{0.2}Ga_{0.8}As$ と $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ とを交互に積層し、Seをドーピングした30ペアの下部ミラー102を形成する。次に、下部ミラー102a上に、n型 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ からなるn型クラッド層（図示せず）、および厚さ4nmのGaAsウエル層と、厚さ4nmの $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ バリア層からなり、該ウエル層が3層で構成される活性層103aを形成する。さらに、活性層103a上に、 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ からなるp型クラッド層（図示せず）、および $Al_{0.2}Ga_{0.8}As$ と $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ とを交互に積層し、Znをドーピングした30ペアの上部ミラー104aを形成する。その後、上部ミラー104a上に、p型GaAsからなるコンタクト層105aを積層する。

【0045】上記の各層は、有機金属気相成長（MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy）法でエピタキシャル成長させることができる。このとき、たとえば、成長温度は、750℃、成長圧力は、 $2 \times 10^4$  Paで、III族原料にTMGa（トリメチルガリウム）、TMAI（トリメチルアルミニウム）の有機金属を用い、V族原料にAsH<sub>3</sub>、n型ドーパントにH<sub>2</sub>Se、p型ドーパントにDEZn（ジエチル亜鉛）を用いることができる。

【0046】次に、コンタクト層105a上に、フォトリソレジストを塗布した後、フォトリソグラフィにより、フォトリソレジストをパターニングすることにより、図2に示すように、所定のパターンのレジスト層500を形成する。

【0047】次いで、図3に示すように、レジスト層500をマスクとして、反応性イオンエッチング法により、コンタクト層105a、上部ミラー104a、および活性層103aまでメサ状にエッチングし、柱状部110を形成する。このエッチングには、通常、エッチングガスとして塩素または塩素系ガス（塩化水素、BCl<sub>3</sub>）を用いる反応性イオンビームエッチング法が用いられる。なお、この工程において、エッチングされる層はこれらに限定されず、目的とする共振器の形状によって適宜決定されるものである。以上の工程により、コンタ

(6)

9

クト層105、上部ミラー104、および活性層103を含む柱状部110が形成される。

【0048】次に、工程(b)について説明する。

【0049】(b)図4に示すように、 $\text{SiH}_4$  (モノシラン) ガスおよび $\text{O}_2$  (酸素) ガスを用い、 $\text{N}_2$  (窒素) ガスをキャリアガスとする常圧熱CVD法により、共振器120の表面に、たとえば膜厚100~300nmのシリコン酸化膜( $\text{SiO}_x$ 膜)を形成する。その後、フォトリソグラフィとドライエッチングにより、図4に示すように、柱状部110の側面の一部および下部ミラー102の上面を除き、シリコン酸化膜をエッチング除去して、絶縁層112を形成する。

【0050】次いで、半導体基板101の裏面に、真空蒸着法により、Au-Ge合金、Ni, Auを順次積層した下部電極115を形成する。

【0051】さらに、図4に示すように、柱状部110の上面においてコンタクト層105とリング状に接触し、かつ、柱状部110の側面および絶縁層112を覆うように、上部電極113をリフトオフ法により形成する。上部電極113は、チタン、白金、金を順次積層した金属層を用いて形成することができる。

【0052】次に、図5を参照して、工程(c)について説明する。

【0053】(c)柱状部110の上面だけが露出するように、柱状部110の周囲を樹脂で埋め込み、埋込層106を得る。埋込層106を構成する樹脂は、後述する工程において出射部111を形成するために用いる液状物に対して非親和性を有するものを用いる。かかる樹脂としてはフッ素系樹脂が望ましい。フッ素系樹脂としては、紫外線硬化型フッ素系樹脂、あるいは熱硬化型フッ素系樹脂、2液混合化学反応型フッ素系樹脂が例示できるが、取扱いが簡便である点で、紫外線硬化型フッ素系樹脂が望ましい。

【0054】なお、埋込層106を形成するための物質はフッ素系樹脂に限定されるわけではなく、上部電極113に吸着し、かつ、後述する液状物に対して非親和性を有する物質であれば、埋込層106を形成するための物質として適用することができる。

【0055】以上の工程により、柱状部110の周囲に埋込層106を形成して、柱状部110を埋め込み構造とする。

【0056】次に、工程(d)について説明する。

【0057】(d)まず、ノズルにより液状物を柱状部110上面に供給する。この供給法を、図6~図8を参照しながら説明する。図6~図8は、ノズルにより液状物119を柱状部110上面に供給する方法を経時的に表した模式図である。

【0058】レーザ出射部の構成材質となる樹脂またはその樹脂の前駆体の液状物119をノズル117に注入する。ノズル117の先端に、図6に示すように、この

10

液状物の液滴を作る。次に、図7に示すように、この液滴を柱状部110の上面に接触させる。そして、液滴を柱状部110の上面、特にコンタクト層105の露出面および上部電極113のうち柱状部110の上面に形成された部分に移した後、図8に示すように、ノズル117を離す。

【0059】コンタクト層105および上部電極113は、液状物119に対して親和性を有する材質からなる。すなわち、コンタクト層105および上部電極113は液状物119をはじかない材質からなる。これにより、柱状部110の上面に移された液状物119は、露出したコンタクト層105および上部電極113の一部から構成される柱状部110の上面に安定して存在することができる。また、埋込層106は、液状物119に対して非親和性を有する樹脂から形成されているため、埋込層106上に液状物119がはみだしたとしても、埋込層106によりはじかれる。はじかれた液状物は、柱状部110の上面に形成された液状物に吸収され、その結果、液状物119は柱状部110の上面に残る。残った液状物119は、表面張力により、レーザ出射部111の原形となるレンズ形状を形作る。

【0060】このように、ノズルにより液状物を柱状部110上面に供給する方法によれば、液状物の粘度、ノズル径およびノズル先端の液滴量などを調整したり、ノズル先端の表面処理などにより、レーザ出射部111の厚さを容易に制御することができる。また、ノズルによる液状物の供給方法は、液状物の粘度による影響を受けにくいため、使用可能な液状物の範囲が広い。さらに、必要などころのみ液状物を確実に供給することができるため、無駄がなく、余計なところ液状物が付着することもない。

【0061】樹脂の液状物としては、たとえば、紫外線硬化型アクリル系樹脂、紫外線硬化型エポキシ系樹脂などを挙げることができる。前駆体の液状物としては、ポリイミド前駆体の液状物、紫外線硬化型アクリル系樹脂および紫外線硬化型エポキシ系樹脂のモノマーを含む液状物などを挙げることができる。

【0062】紫外線硬化型樹脂は、紫外線照射のみで硬化することができるため、素子への熱によるダメージや、熱硬化させた場合に生じる半導体層と樹脂との熱膨張差によるレーザ出射部の剥離などの心配がない。

【0063】紫外線硬化型樹脂は、プレポリマー、オリゴマーおよびモノマーのうち少なくとも1種と光重合開始剤を含んだものからなる。

【0064】紫外線硬化型アクリル系樹脂の具体例としては、プレポリマーまたはオリゴマーとしては、たとえば、エポキシアクリレート類、ウレタンアクリレート類、ポリエステルアクリレート類、ポリエーテルアクリレート類、スピロアセタール系アクリレート類等のアクリレート類、エポキシメタクリレート類、ウレタンメタ



(7)

11

クリレート類、ポリエステルメタクリレート類、ポリエーテルメタクリレート類等のメタクリレート類等が利用できる。

【0065】モノマーとしては、たとえば、2-エチルヘキシルアクリレート、2-エチルヘキシルメタクリレート、2-ヒドロキシエチルアクリレート、2-ヒドロキシエチルメタクリレート、N-ビニル-2-ピロリドン、カルビトールアクリレート、テトラヒドロフルフリルアクリレート、イソボルニルアクリレート、ジシクロペンテニルアクリレート、1, 3-ブタンジオールアクリレート等の単官能性モノマー、1, 6-ヘキサジオールジアクリレート、1, 6-ヘキサジオールジメタクリレート、ネオペンチルグリコールアクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ペンタエリスリトールジアクリレート等の二官能性モノマー、トリメチロールプロパントリアクリレート、トリメチロールプロパントリメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサアクリレート等の多官能性モノマーが挙げられる。

【0066】光重合開始剤としては、たとえば、2, 2-ジメトキシ-2-フェニルアセトフェノンなどのアセトフェノン類、 $\alpha$ -ヒドロキシイソブチルフェノン、p-イソプロピル- $\alpha$ -ヒドロキシイソブチルフェノンなどのブチルフェノン類、p-tert-ブチルジクロロアセトフェノン、p-tert-ブチルトリクロロアセトフェノン、 $\alpha$ ,  $\alpha$ -ジクロル-4-フェノキシアセトフェノンなどのハロゲン化アセトフェノン類、ベンゾフェノン、N, N-テトラエチル-4, 4-ジアミノベンゾフェノンなどのベンゾフェノン類、ベンジル、ベンジルジメチルケタールなどのベンジル類、ベンゾイン、ベンゾインアルキルエーテルなどのベンゾイン類、1-フェニル-1, 2-プロパンジオン-2-（ $\alpha$ -エトキシカルボニル）オキシムなどのオキシム類、2-メチルチオキサントン、2-クロロチオキサントンなどのキサントン類、ベンゾインエーテル、イソブチルベンゾインエーテルなどのベンゾインエーテル類、ミヒラーケトン類のラジカル発生化合物を挙げることができる。紫外線硬化型アクリル系樹脂を硬化した後の樹脂は、透明度が高いという利点を有している。

【0067】ポリイミド前駆体としては、ポリアミック酸、ポリアミック酸の長鎖アルキルエステルなどを挙げることができる。ポリイミド前駆体を熱硬化させて得られたポリイミド系樹脂は可視光領域において、80%以上の透過率を有し、屈折率が1.7~1.9と高いため、大きなレンズ効果が得られる。

【0068】次に、工程(e)について説明する。

【0069】(e)柱状部110の上面の液状物を硬化させ、図1に示すような面発光レーザが完成する。液状物が前述の紫外線硬化型樹脂の場合には、紫外線を照射することにより、硬化させることができる。

12

【0070】また、液状物として、ポリイミド前駆体の液状物を用いた場合には、ポリイミド前駆体の液状物を加熱キュア処理してイミド化反応を起こしポリイミド系樹脂を生成させることにより、硬化させることができる。キュア温度は、前駆体の種類によって異なるが、素子への熱によるダメージ、埋込層106を構成する樹脂へのダメージ、基板とポリイミド系樹脂との熱膨張差、および電極のアロイングの防止などの観点から、150℃程度が適当である。加熱時間としては、電極を構成する金属原子が半導体層の内部に異常拡散が生じない程度に設定される。

【0071】前記工程(d)において、液状物を柱状部110の上面に供給する方法として、ディスペンサノズル117による供給方法を例示したが、図8および図9に示すように、インクジェットヘッド118を用いて、液状物119を柱状部110の上面に射出して供給する方法なども適用することができる。インクジェットヘッド118を用いた方法は、短時間で液状物を柱状部110の上面に供給することができ、生産性が高いという利点がある。液状物をインクジェットする際、液状物の液粘度は、重要な要素であるが、希釈溶剤を液状物に添加することにより、適当な液粘度に調整することもできる。

【0072】紫外線硬化型樹脂の液状物に適用可能な希釈溶剤としては、特に限定されるものではないが、たとえば、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、プロピレングリコールモノプロピルエーテル、メトキシメチルプロピオネート、メトキシエチルプロピオネート、エチルセロソルブ、エチルセロソルブアセテート、エチルラクテート、エチルピルビネート、メチルアミルケトン、シクロヘキサノン、キシレン、トルエン、ブチルアセテートなどを挙げることができる。単独で、または、2種以上を混合して使用することができる。

【0073】ポリイミドの前駆体の液状物に適用可能な希釈溶剤としては、たとえば、N-メチル-2-ピロリドンを挙げることができる。

【0074】さらに、この他に、前記液状物を柱状部110の上面に供給する方法としては、適宜、スピンコート法、ディッピング法、スプレーコート法、ロールコート法、バーコート法などを利用することができる。

【0075】(作用および効果)次に、本実施の形態にかかる面発光レーザ100およびその製造方法における主な作用および効果を説明する。

【0076】(1)本実施の形態にかかる面発光レーザ100においては、図1に示すように、柱状部110の上面に出射部111が設けられ、さらに、出射部111の上面、すなわち、レーザ出射面が凸レンズ形状に形成されている。レーザ出射面が凸レンズ形状に形成されていることにより、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、

(8)

13

この構成によれば、レーザ出射面において放射角を制御できるため、レーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

【0077】(2) 本実施の形態にかかる面発光レーザ100の製造方法においては、出射部111を形成するための液状物に対して非親和性を有する物質で柱状部110の周囲を埋め込んで、埋込層106を形成することにより、埋込層106の表面および柱状部110の上面それぞれに対する前記液状物の濡れ性に差をもたせることができる。したがって、液状物を柱状部110の上面に供給してやり、前記液状物を硬化することのみで、マイクロレンズとして機能するレーザ出射部111をセルフアラインで形成することができる。以上の工程により、光軸合わせが不要で光軸ずれのないレーザ出射部111をきわめて簡単な工程で形成することができる。

【0078】特に、埋込層106を形成するための物質として、フッ素系樹脂を用いる場合には、柱状部110の上面に対する前記液状物の濡れ性と、前記埋込層の表面に対する前記液状物の濡れ性との差をより大きくすることができる。したがって、埋込層106を形成するための前記物質としてフッ素系樹脂を用いることにより、大きさの制御をより確実にこなうことができるため、光軸ずれがより少ない出射部を得ることができる。

【0079】(3) 柱状部110と出射部111との接合面における出射部111の径を、柱状部110の上面の径とほぼ等しくすることができる。これにより、特に面発光レーザ100をアレイ化して形成する場合には、大きさの揃った出射部111を形成することができる。また、柱状部110と出射部111との接合面における出射部111の径と、柱状部110の上面の径とがほぼ一致することにより、出射部111の光軸と、柱状部110の中心を通り柱状部110の上面に垂直な軸とがほぼ一致する。また、出射されるレーザ光の光軸は、柱状部110の中心を通り柱状部110の上面に垂直な軸とほぼ一致している。したがって、面発光レーザ100においては、出射部111の光軸と、出射されるレーザ光の光軸と、柱状部110の中心を通り柱状部110の上面に垂直な軸とがほぼ一致するため、光軸ずれが少ない面発光型半導体レーザを得ることができる。

【0080】なお、上記の実施の形態において、各半導体層におけるp型とn型とを入れ替えても本発明の趣旨を逸脱するものではない。上記の実施の形態では、Al-Ga-As系のものについて説明したが、発振波長に応じてその他の材料系、たとえば、In-P系、In-Al-As系、Ga-In-As系、Ga-In-N系、Al-Ga-In-P系、Ga-In-N-As系、Al-Ga-In-As系、Ga-In-As-P系等の半導体材料を用いることも可能である。

【0081】また、上記の実施の形態における面発光レーザの駆動方法は一例であり、本発明の趣旨を逸脱しな

14

い限り、種々の変更が可能である。また、上記の実施の形態では、柱状部が一つである面発光レーザを示しているが、基板面内で柱状部が複数個あっても本発明の形態は損なわれない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの断面を模式的に示す図である。

【図2】本発明の一実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図3】本発明の一実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図4】本発明の一実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図5】本発明の一実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の一製造工程を模式的に示す断面図である。

【図6】ノズルを用いて液状物を柱状部の上面に供給する方法を経時的に表した模式図である。

【図7】図6に示す工程に引き続いて、ノズルを用いて液状物を柱状部の上面に供給する方法を示す模式図である。

【図8】図7に示す工程に引き続いて、ノズルを用いて液状物を柱状部の上面に供給する方法を示す模式図である。

【図9】インクジェットヘッドを用いて液状物を柱状部の上面に供給する方法を経時的に表した模式図である。

【図10】図9に示す工程に引き続いて、インクジェットヘッドを用いて液状物を柱状部の上面に供給する方法を示す模式図である。

【符号の説明】

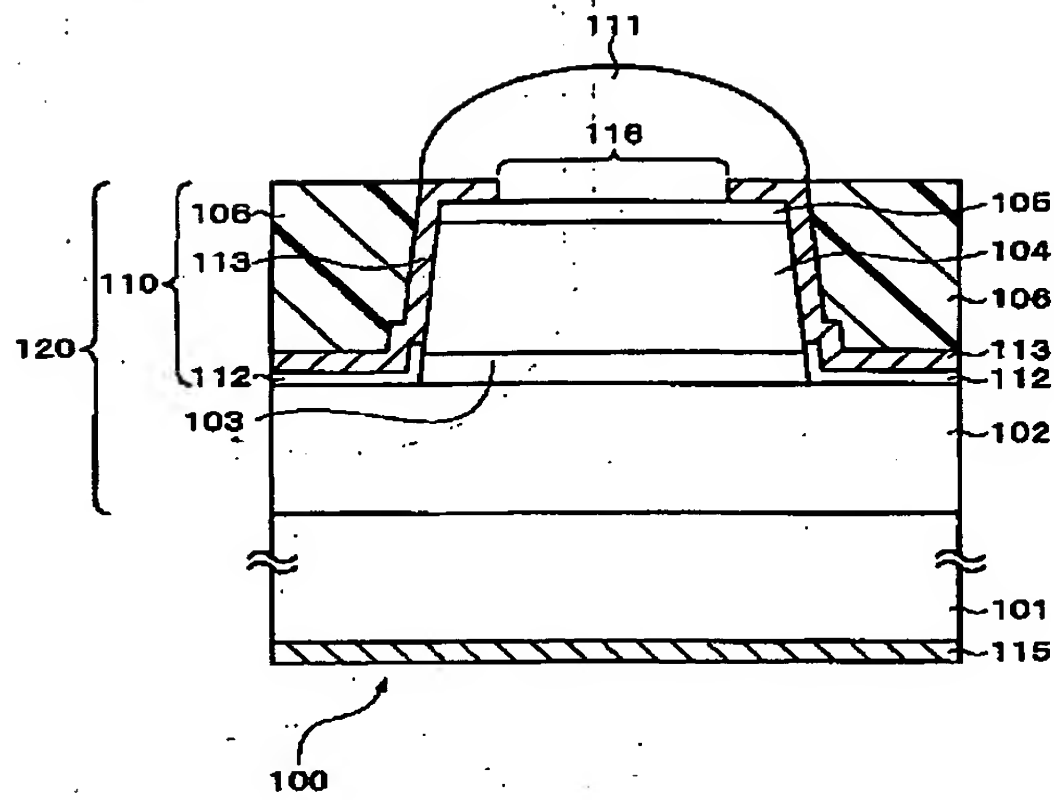
- 100 面発光型半導体レーザ (面発光レーザ)
- 101 半導体基板
- 102 下部ミラー
- 103, 103a 活性層
- 104, 104a 上部ミラー
- 105, 105a コンタクト層
- 106 埋込層
- 110 柱状部
- 111 出射部
- 112 絶縁層
- 113 上部電極
- 115 下部電極
- 116 開口部
- 117 ノズル
- 118 インクジェットヘッド
- 119 液状物
- 120 共振器



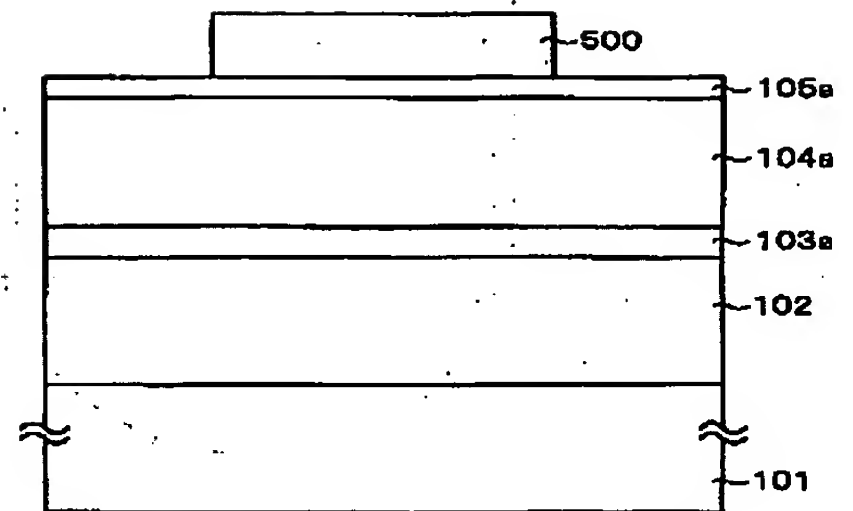
(9)

500 レジスト層

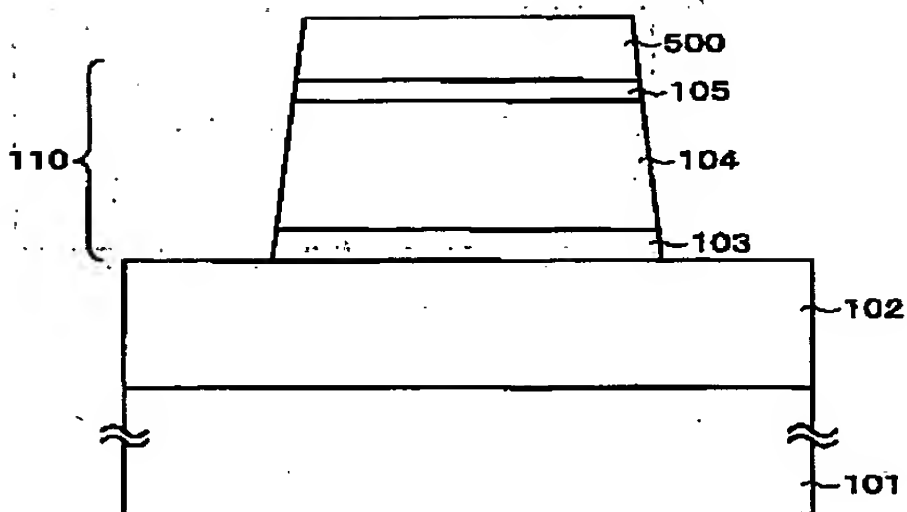
【図1】



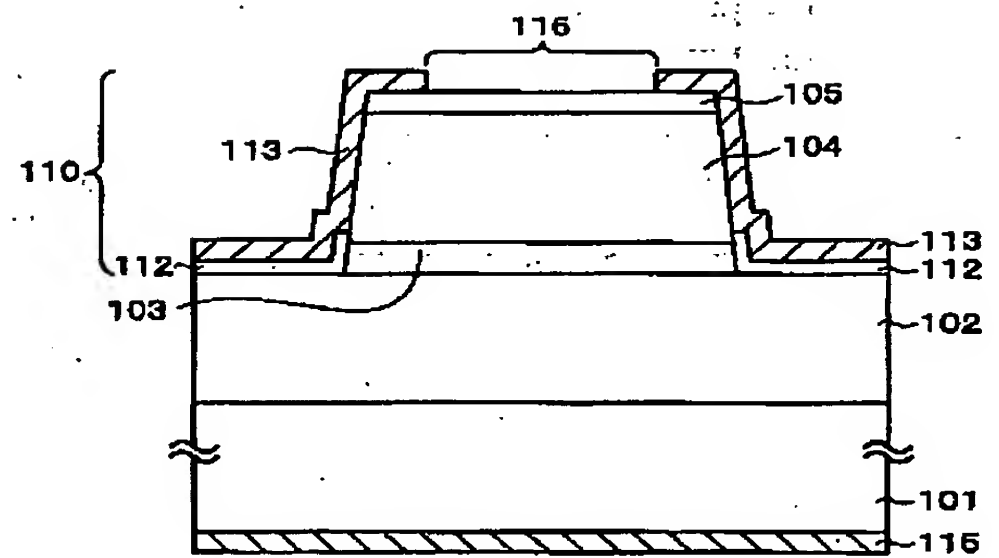
【図2】



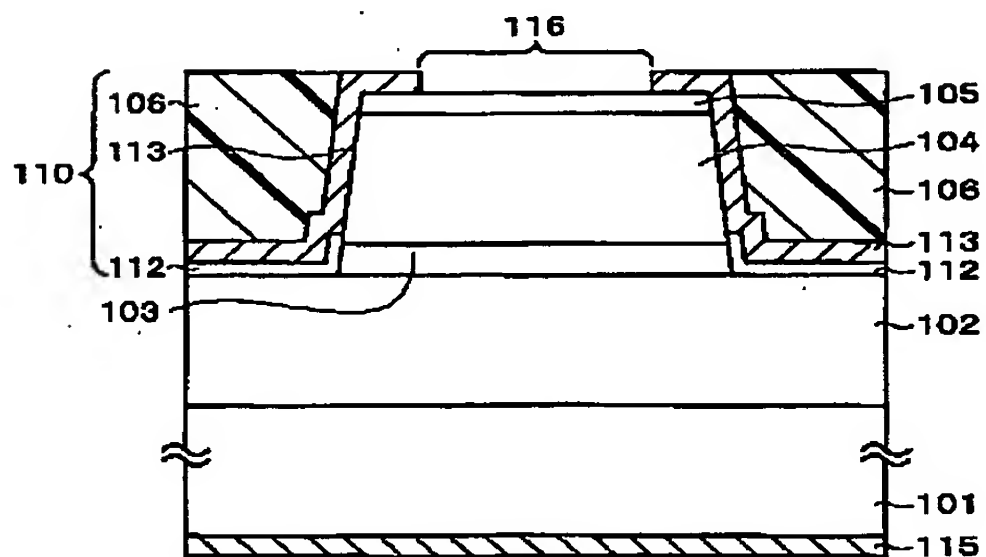
【図3】



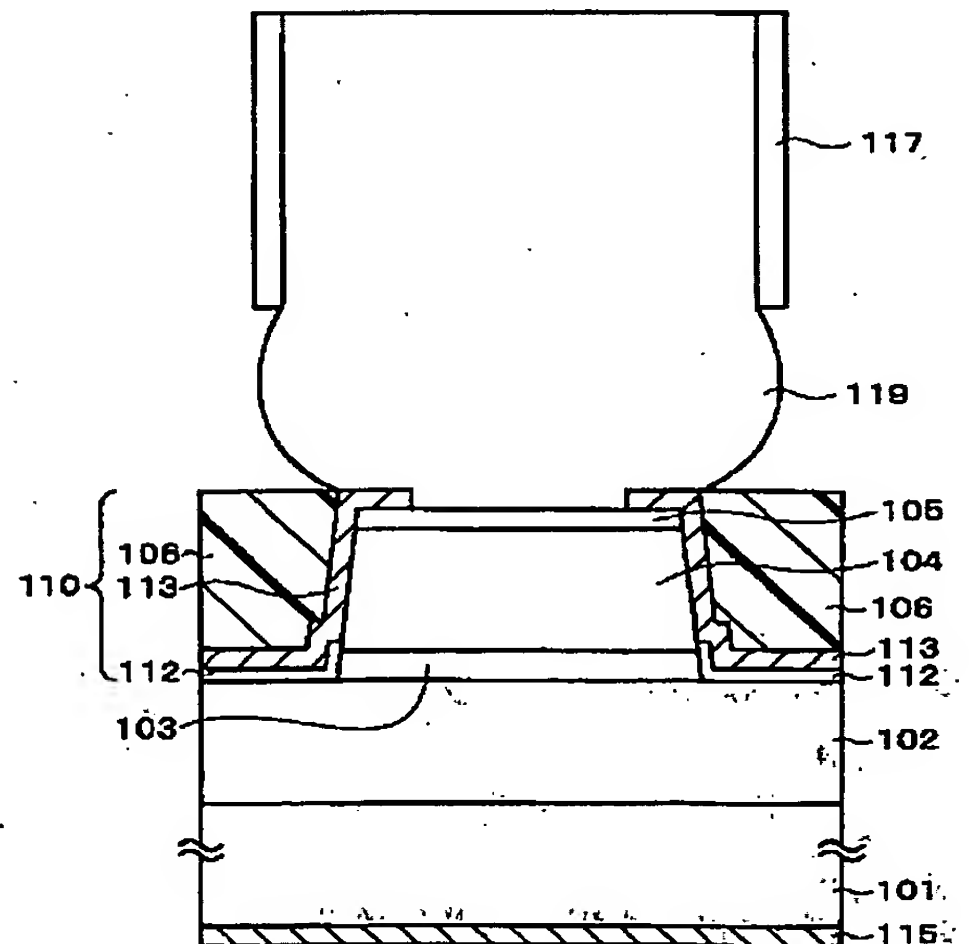
【図4】



【図5】

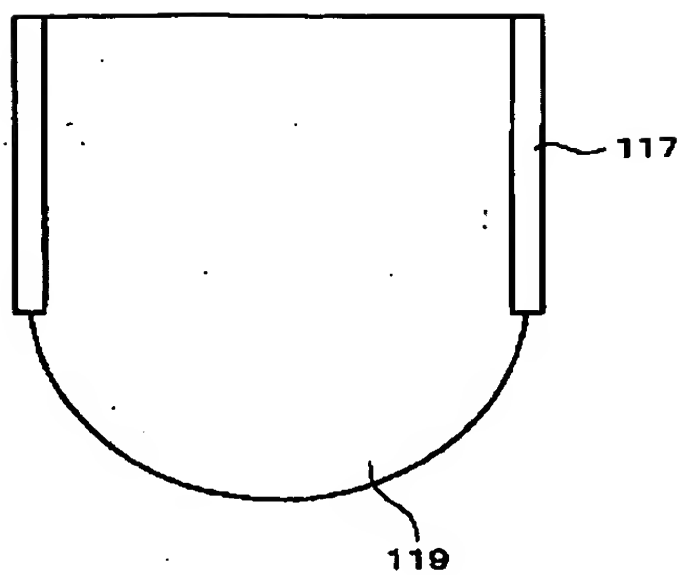


【図7】

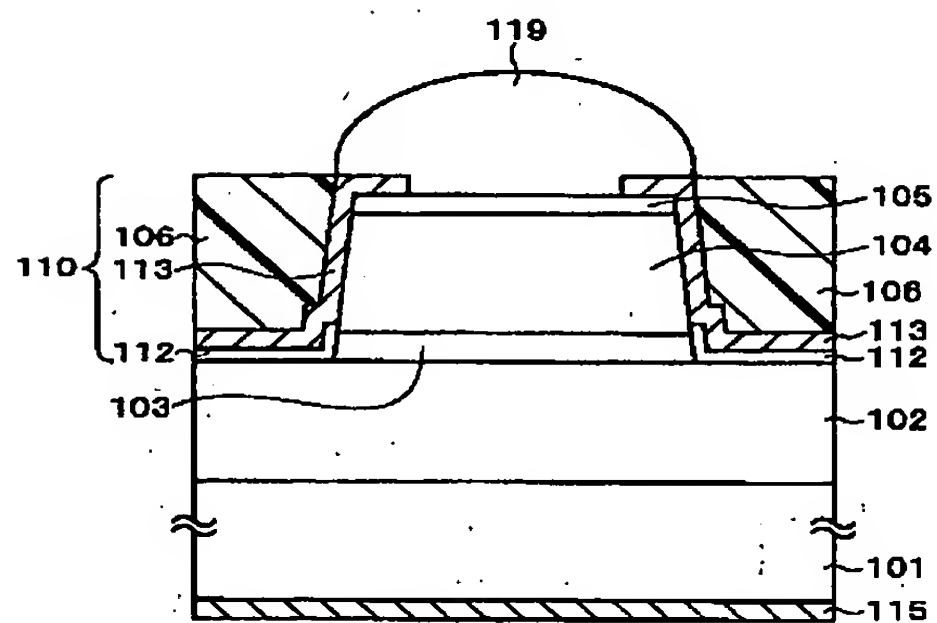
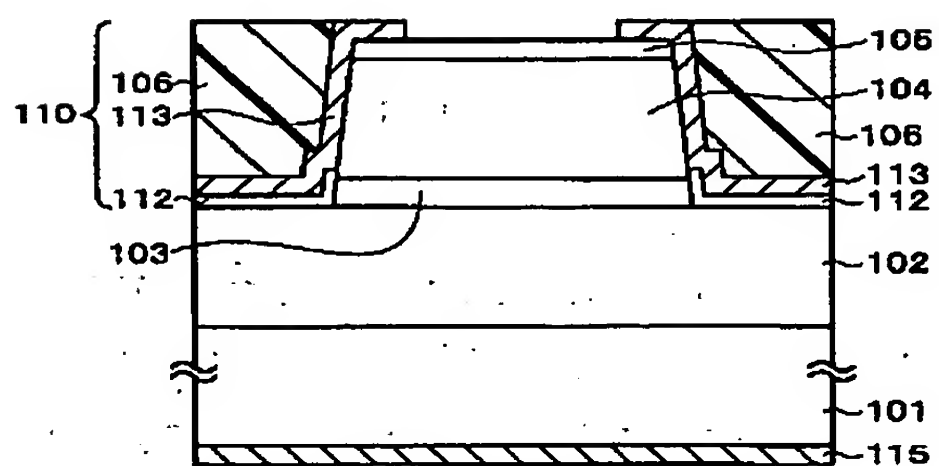
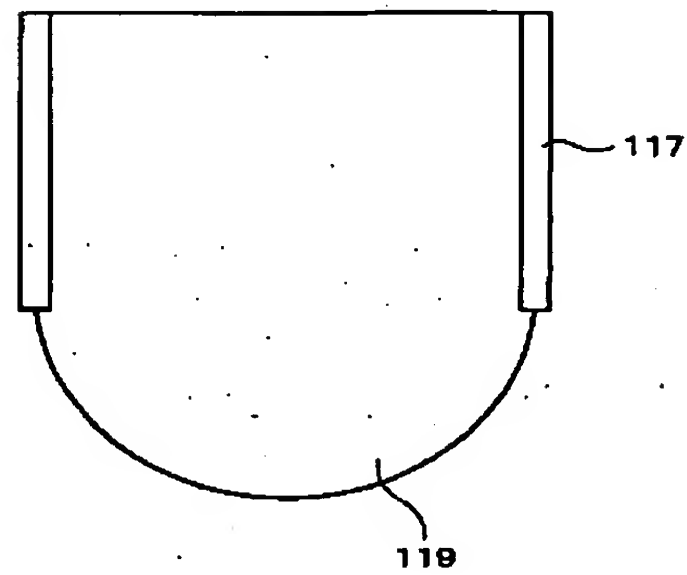


(10)

【図6】

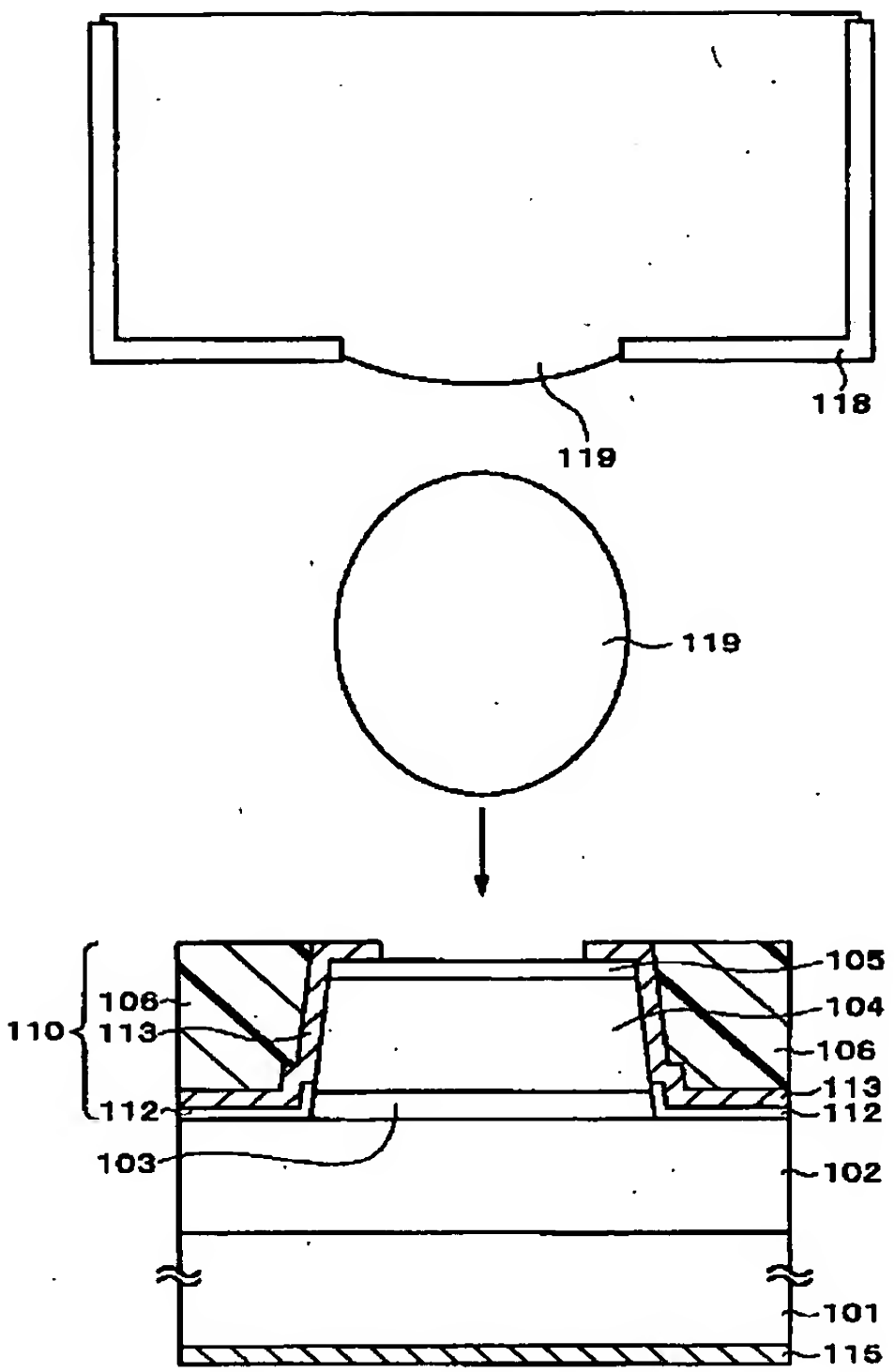


【図8】

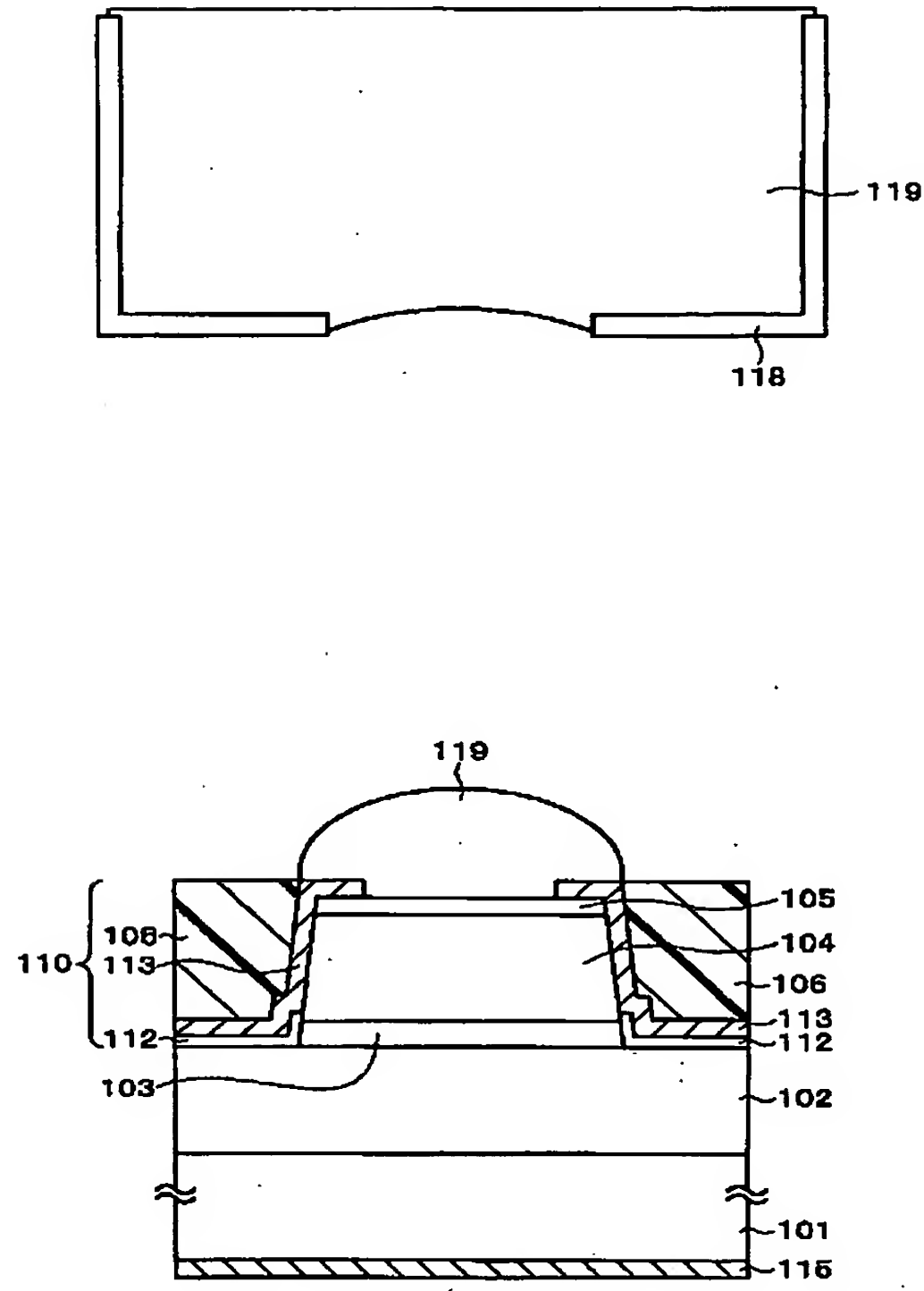


(11)

【図9】



【図10】





# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-284725

(43)Date of publication of application : 12.10.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/183

(21)Application number : 2000-098766

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 31.03.2000

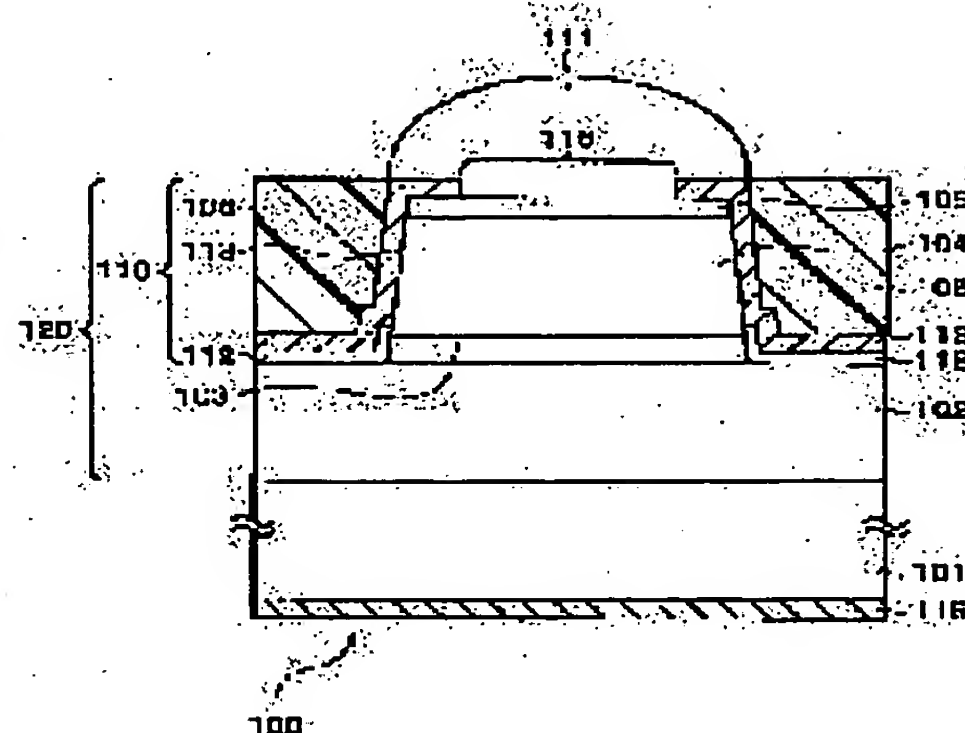
(72)Inventor : KONDO TAKAYUKI

## (54) SURFACE-EMITTING SEMICONDUCTOR LASER AND ITS MANUFACTURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a surface-emitting semiconductor laser that can obtain high laser output and has a small laser radiation angle, and its manufacturing method.

**SOLUTION:** In a surface-emitting semiconductor laser 100, a resonator 120 including a columnar part 110 is formed, and an emission part 111 having a convex lens shape is formed on the upper surface of the columnar part 110. The columnar part 110 has buried structure, and is formed by burying the periphery of the columnar part 110 with a buried layer 106. The buried layer 106 is made of a substance having non-affinity to a material that is used for forming the emission part 111.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the field luminescence mold semiconductor laser to which a resonator is perpendicularly formed on a semi-conductor substrate, and carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction perpendicular to this semi-conductor substrate from this resonator. Said resonator The outgoing radiation section which has a convex lens configuration including a column-like semi-conductor deposition object at least in a part is formed in the top face of said semi-conductor deposition object. It is the field luminescence mold semiconductor laser formed from the matter which has non-compatibility to the ingredient used in order that said buried layer may form said outgoing radiation section by said semi-conductor deposition object's having an embedded structure, and the perimeter being embedded by the buried layer.

[Claim 2] Field luminescence mold semiconductor laser said whose matter is resin in claim 1.

[Claim 3] Field luminescence mold semiconductor laser said whose resin is fluoro-resin in claim 2.

[Claim 4] Field luminescence mold semiconductor laser by which the electrode for pouring a current into said resonator is formed in the top face of said semi-conductor deposition object in either of claims 1-3.

[Claim 5] Field luminescence mold semiconductor laser with the path of this outgoing radiation section [ in / on either of claims 1-4, and / the plane of composition of said semi-conductor deposition object and said outgoing radiation section ] almost equal to the path of the top face of said semi-conductor deposition object.

[Claim 6] It is the field luminescence mold semiconductor laser which said electrode becomes from a metal in either of claims 1-5.

[Claim 7] It is the field luminescence mold semiconductor laser which said outgoing radiation section becomes from a high molecular compound in either of claims 1-6.

[Claim 8] The manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser containing following process (a) - (c).

(a) the process which forms a resonator including a column-like semi-conductor deposition object on a semi-conductor substrate, and (b), after the predetermined field of the top face of said semi-conductor deposition object has been exposed By embedding the perimeter of said semi-conductor deposition object with the matter which has non-compatibility to the liquefied object for forming the outgoing radiation section which has a convex lens configuration when the process which forms the electrode for pouring a current into said resonator, and (c) hardening are carried out The process which forms a buried layer in the perimeter of this semi-conductor deposition object, is made to harden the process which makes this semi-conductor deposition object an embedded structure, the process which arranges said liquefied object on the top face of the (d) aforementioned semi-conductor-deposition object, and the (e) aforementioned liquefied object, and forms said outgoing radiation section.

[Claim 9] The manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser that said matter is resin in claim 8.

[Claim 10] The manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser that said resin is fluoro-resin in claim 9.

[Claim 11] It is the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser which is the process which arranges this liquefied object on this top face by said process's (d's)'s making the drop of said liquefied object at the tip of a dispenser nozzle in either of claims 8-10, and contacting said drop on the top face

of said semi-conductor deposition object.

[Claim 12] It is the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser which is the process which said process (d) injects said liquefied object on the top face of said semi-conductor deposition object in either of claims 8-11 using an ink jet head, and arranges this liquefied object on this top face.

[Claim 13] It is the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser which is a liquefied object that said liquefied object contains the precursor of thermosetting resin, ultraviolet curing mold resin, said thermosetting resin, or ultraviolet curing mold resin in either of claims 8-12.

---

[Translation done.]

#### \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

#### DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the field luminescence mold semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam perpendicularly to a semi-conductor substrate, and its manufacture approach.

[0002]

[Background of the Invention] Field luminescence mold semiconductor laser is semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam perpendicularly to a semi-conductor substrate, and the resonator is perpendicularly formed on the semi-conductor substrate. The laminating of a reflecting layer, a barrier layer, and the reflecting layer is carried out [ which oscillated the laser beam ] to order by carrying out back outgoing radiation, and this resonator is constituted.

[0003] As one of the descriptions which was excellent in field luminescence mold semiconductor laser, since the laser radiation angle is small isotropic compared with end-face laser, it is mentioned that joint effectiveness with an optical element is good. For this reason, the application as the light source is expected in the optic fiber communication for which field luminescence mold semiconductor laser used the optical fiber of the large core diameter of for example, an end system.

[0004] Moreover, in the optic fiber communication of an end system, simplification of the configuration of an optical transmitting module, easy-izing of installation, and low cost-ization are demanded. Then, by applying field luminescence mold semiconductor laser to the optical fiber of a large core diameter, for example, a plastic optical fiber etc., direct incidence of the laser beam is carried out to an optical fiber, without minding a lens between an optical fiber and the light source, and the method of aiming at improvement in optical effectiveness is examined. According to this approach, since incidence of the laser beam can be efficiently carried out to an optical fiber, the optical transmitting module of a very easy configuration is realizable.

[0005] However, since a plastic optical fiber has the fault that transfer loss is large, when transfer distance needs to be lengthened, the light source with a big laser beam output is needed. As a way method for increasing the laser beam output of field luminescence mold semiconductor laser, enlarging outgoing radiation aperture of a laser



beam is mentioned. However, if outgoing radiation aperture of a laser beam is enlarged, the problem that the radiation angle of a laser beam becomes large will arise. Increase of the radiation angle of a laser beam results in causing the decline in joint effectiveness, reduction of an attachment margin, etc., and it becomes difficult to simplify the configuration of an optical-communication module. That is, there was a problem that coexistence with securing the die length of a transmission distance and simplifying the configuration of an optical-communication module was difficult.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The purpose of this invention is to obtain a high laser output and offer field luminescence mold semiconductor laser with a narrow laser radiation angle, and its process approach.

[0007]

[Means for Solving the Problem] (A) The field luminescence mold semiconductor laser concerning this invention It is the field luminescence mold semiconductor laser to which a resonator is perpendicularly formed on a semi-conductor substrate, and carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction perpendicular to this semi-conductor substrate from this resonator. Said resonator The outgoing radiation section which has a convex lens configuration including a column-like semi-conductor deposition object at least in a part is formed in the top face of said semi-conductor deposition object. Said semi-conductor deposition object has an embedded structure, the perimeter is embedded by the buried layer, and said buried layer is characterized by being formed from the matter which has non-compatibility to the ingredient used in order to form said outgoing radiation section.

[0008] Here, the matter which has non-compatibility to the ingredient used in order to form said outgoing radiation section means the matter which has the property to \*\*\*\* the ingredient used in order to form said outgoing radiation section. Therefore, the ingredient used in order to form said outgoing radiation section has low wettability to said matter.

[0009] An inorganic material and resin are mentioned as matter which has non-compatibility to the ingredient used in order to form said outgoing radiation section. For example, in the case of resin, it is desirable that it is fluoro-resin.

[0010] According to this configuration, a high laser output is obtained and it can consider as field luminescence mold semiconductor laser with a narrow laser radiation angle. In detail, the column of the gestalt of this operation describes.

[0011] (1) - (4) can be illustrated as a desirable mode of said field luminescence mold semiconductor laser.

[0012] (1) The electrode for pouring a current into said resonator can be formed in the top face of said semi-conductor deposition object.

[0013] (2) The path of this outgoing radiation section in the plane of composition of said semi-conductor deposition object and said outgoing radiation section can be made almost equal to the path of the top face of said semi-conductor deposition object. Since the path of this outgoing radiation section in the plane of composition of said semi-conductor deposition object and said outgoing radiation section can be arranged with the path of the top face of said semi-conductor deposition object, when according to this configuration array-izing field luminescence mold semiconductor laser and forming it especially, the outgoing radiation section to which magnitude was equal can be formed. Moreover, when the path of the top face of said semi-conductor deposition object and the path of this outgoing radiation section in the plane of composition of said semi-conductor deposition object and said outgoing radiation section are mostly in agreement, a shaft perpendicular to the top face of this semi-conductor deposition object is mostly in agreement through the optical axis of said outgoing radiation section, and the core of said semi-conductor deposition object. Furthermore, the optical axis of the laser beam by which outgoing radiation is carried out is mostly in agreement with a shaft perpendicular to the top face of this semi-conductor deposition object through the core of said semi-conductor deposition object. Therefore, since a shaft perpendicular to the top face of this semi-conductor deposition object is mostly in agreement through the optical axis of said outgoing radiation section, the optical axis of a laser beam, and the core of said semi-conductor deposition object, an optical-axis gap can obtain little field luminescence mold semiconductor laser.

[0014] (3) As for said electrode, consisting of a metal is desirable.

[0015] (4) As for said outgoing radiation section, consisting of a high molecular compound is desirable.

[0016] (B) The manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning this invention can be formed by following process (a) - (e).

[0017] (a) the process which forms a resonator including a column-like semi-conductor deposition object on a semi-conductor substrate, and (b), after the predetermined field of the top face of said semi-conductor deposition object has been exposed By embedding the perimeter of said semi-conductor deposition object with the matter which has non-compatibility to the liquefied object for forming the outgoing radiation section which has a convex lens configuration when the process which forms the electrode for pouring a current into said resonator, and (c) hardening are carried out The process which forms a buried layer in the perimeter of this semi-conductor deposition object, is made to harden the process which makes this semi-conductor deposition object an embedded structure, the process which arranges said liquefied object on the top face of the (d) aforementioned semi-conductor deposition object, and the (e) aforementioned liquefied object, and forms said outgoing radiation section.

[0018] Here, a liquefied object means the ingredient used in order to form said outgoing radiation section, and the matter which has non-compatibility to said liquefied object means the matter which has the property to \*\*\*\* said liquefied object. That is, said liquefied object has the property in which wettability is low, to said matter.

[0019] By embedding the perimeter of said semi-conductor deposition object with the matter which has non-compatibility to said liquefied object according to this approach A buried layer can be formed in the perimeter of this semi-conductor deposition object, said resonator is made into an embedded structure, further, said liquefied object can be supplied to the top face of this semi-conductor deposition object, and the outgoing radiation section which functions as a micro lens only by stiffening this liquefied object can be formed by the self aryne. That is, by giving a difference to the wettability of said liquefied object to the top face of said semi-conductor deposition object, and each front face of said buried layer, said liquefied object becomes a convex lens-like configuration spontaneously with surface tension, and the outgoing radiation section which has a convex lens-like configuration by stiffening this is obtained. As mentioned above, according to the field luminescence mold semiconductor laser of this invention, since said outgoing radiation section can be formed by the self aryne, optical-axis doubling is unnecessary and the laser outgoing radiation section without an optical-axis gap can be formed at a very easy process.

[0020] In said process, it is desirable for said matter to be resin.

[0021] Moreover, it is more desirable for said resin to be fluoro-resin in this case. Fluoro-resin has non-compatibility to almost all kinds of resin liquid. On the other hand, the semi-conductor layer which constitutes field luminescence mold semiconductor laser, and the front face of an electrode have compatibility to almost all kinds of resin liquid. Therefore, by using fluoro-resin as said resin, the difference of the wettability of said liquefied object to the top face of said semi-conductor deposition object and the wettability of said liquefied object to the front face of said buried layer which consists of said resin can be enlarged, and said liquefied object will adhere only to the top face of said semi-conductor deposition object. Consequently, magnitude is controlled and an optical-axis gap can obtain the fewer outgoing radiation section.

[0022] In said process (d), the following two approaches can be mentioned as a means to supply said liquefied object to the top face of an above-mentioned semi-conductor deposition object.

[0023] It is the approach of arranging this liquefied object on this top face by making the drop of said liquefied object at the tip of a dispenser nozzle, and contacting said drop to the 1st on the top face of said semi-conductor deposition object.

[0024] According to this approach, by using said nozzle, the viscosity of a liquefied object, the diameter of a nozzle, the liquid optimum dose at the tip of a nozzle, etc. can be adjusted, or the thickness of the outgoing radiation section can be easily controlled by surface treatment at the tip of a nozzle etc. Moreover, since the supply approach of the liquefied object by the nozzle cannot be easily influenced by the viscosity of a liquefied object, its range of an usable liquefied object is wide. Furthermore, since only a required place can supply a

liquefied object certainly, there is no futility and a liquefied object does not adhere to an excessive part.

[0025] It is the approach of using an ink jet head for the 2nd, injecting said liquefied object on the top face of said semi-conductor deposition object, and arranging this liquefied object on this top face.

[0026] According to the approach using this ink jet head, a liquefied object can be supplied to said front face in a short time, and it has the description that productivity is high.

[0027] Moreover, as for said liquefied object, in the process mentioned above, it is desirable that it is a liquefied object containing the precursor of thermosetting resin, ultraviolet curing mold resin, said thermosetting resin, or ultraviolet curing mold resin.

[0028]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of suitable operation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0029] (Structure of a device) Drawing 1 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[0030] The resonator 120 containing the pillar-shaped section 110 is formed on the semi-conductor substrate 101, and the surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 is constituted. The laminating of the lower mirror 102, a barrier layer 103, the up mirror 104, and the contact layer 105 is carried out, and the resonator 120 is formed. The buffer layer which consists of an n mold GaAs on the semi-conductor substrate 101 with which a resonator 120 consists of an n mold GaAs (not shown), The distribution reflective mold multilayers mirror of 30 pairs which carried out the laminating of n mold aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As and the n mold aluminum<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As by turns 102, n mold cladding layer which consists of n mold aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As (not shown), (It is hereafter called a "lower mirror") It consists of a barrier layer of a layer and aluminum<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As with a thickness of 4nm. GaAs with a thickness of 4nm — a well — this — a well — the barrier layer 103 of the quantum well structure where a layer consists of three layers, and p mold cladding layer (not shown) which consists of aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As — The laminating of the distribution reflective mold multilayers mirror (henceforth an "up mirror") 104 and the contact layer 105 of 30 pairs which carried out the laminating of aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As and the aluminum<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As by turns is carried out one by one, and they are formed.

[0031] The up mirror 104 is used as p mold by doping Zn, and let the lower mirror 102 be n mold by doping Se. Therefore, a pin diode is formed by the up mirror 104, the barrier layer 103 by which the impurity is not doped, and the lower mirror 102.

[0032] The contact layer 105 has the property which does not crawl the liquefied object mentioned later. That is, the liquefied object mentioned later has high wettability to the contact layer 105. Moreover, the contact layer 105 needs to be the quality of the material in which the up electrode 113 and ohmic contact are possible, and consists of aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As by which it was doped in the case of the AlGaAs system ingredient (for example, three or more [  $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  ] high-concentration impurities).

[0033] As mentioned above, the pillar-shaped section 110 containing the contact layer 105, the up mirror 104, and a barrier layer 103 is formed in the resonator 120. Here, the pillar-shaped section means the semi-conductor deposition object of the shape of a column formed in the resonator 120. Moreover, the outgoing radiation section 111 of a laser beam is formed in the top face of the pillar-shaped section 110.

[0034] The pillar-shaped section 110 has an embedded structure. Namely, as for the pillar-shaped section 110, the perimeter is embedded by the buried layer 106. A buried layer 106 is formed from the matter which has non-compatibility to the ingredient used in order to form the outgoing radiation section 111 mentioned later. As this matter, an inorganic material and resin are mentioned, for example. Fluororesin is desirable when said matter is resin. In the gestalt of this operation, the case where said matter which has non-compatibility to the ingredient used in order to form the outgoing radiation section 111 is resin is shown.

[0035] Furthermore, the side face of the pillar-shaped section 110 reaches in part, and as an insulating layer 112 covers the top face of the lower mirror 102, it is formed.

[0036] And it consists of a metal layer which carried out the laminating of the metal layer which carried out the laminating of titanium, platinum, and the gold one by one or chromium, a golden-zinc alloy, and the gold one by



one, and on the top face of the pillar-shaped section 110, as it contacts the contact layer 105 and in the shape of a ring and the up electrode 113 covers the side face of the exposed pillar-shaped section 110, and the front face of an insulating layer 112, it is formed. Moreover, opening 116 is formed in the top face of the pillar-shaped section 110 when the up electrode 113 touches the contact layer 105 and in the shape of a ring. In opening 116, the outgoing radiation section 111 mentioned later is in contact with the contact layer 105. In addition, in the gestalt of this operation, although the case where the front face of the metal layer which constitutes the up electrode 113 was a gold layer was described, if it sticks with a buried layer 106, it will not be limited especially. [0037] Moreover, the lower electrode 115 which carried out the laminating of an Au-germanium alloy, nickel, and the gold one by one is formed in the rear face (the field in which a resonator 120 is formed in the semi-conductor substrate 101, and field of the opposite side) of the semi-conductor substrate 101.

[0038] Furthermore, the outgoing radiation section 111 is enclosed by the top face of the pillar-shaped section 110 with the up electrode 113, and is made and prepared in it. The outgoing radiation section 111 is transparent, and has a convex lens configuration. That is, the top face of the outgoing radiation section 111 constitutes a convex lens side, and the function to make a laser beam refracted is given. Although especially the quality of the material of the outgoing radiation section 111 is not limited, it is desirable to be formed for example, from high molecular compounds, such as polyimide system resin, ultraviolet curing mold acrylic resin, and ultraviolet curing mold epoxy system resin, and being formed from polyimide system resin is more desirable.

[0039] (Actuation of a device) Below, actuation of a surface emission-type laser 100 is explained.

[0040] With the up electrode 113 and the lower electrode 115, if the electrical potential difference of the forward direction is impressed to a pin diode, in a barrier layer 103, the recombination of an electron and an electron hole will happen and recombination radiation will arise. Then, in case the produced light goes back and forth between the up mirror 104 and the lower mirrors 102, induced emission happens and luminous intensity is amplified. If the Mitsutoshi profit turns around optical loss a top, laser oscillation will happen and outgoing radiation of the laser beam will be perpendicularly carried out from opening 116 to the semi-conductor substrate 101 through the outgoing radiation section 111.

[0041] (Manufacture process of a device) Next, the manufacture process of a surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 is explained. Drawing 2 - drawing 5 are drawings showing the production process of a surface emission-type laser 100.

[0042] The manufacture approach of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation mainly consists of following process (a) - (e). A process (a) is a process which forms the resonator 120 containing the pillar-shaped section 110 on the semi-conductor substrate 101. A process (b) is in the condition which the predetermined field of the top face of the pillar-shaped section 110 exposed, and is a process which forms the up electrode 113 for pouring a current into a resonator 120. When a process (c) is stiffened, it is a process which forms a buried layer 106 in the perimeter of the pillar-shaped section 110, and makes the pillar-shaped section 110 an embedded structure by embedding the perimeter of the pillar-shaped section 110 using the matter which has non-compatibility to the liquefied object 119 for forming the outgoing radiation section 111 which has a convex lens configuration. In the gestalt of this operation, the case where resin is used as said matter for forming a buried layer 106 is shown. A process (d) is a process which arranges the liquefied object 119 on the top face of the pillar-shaped section 110. A process (e) is a process which is made to harden the liquefied object 119 and forms the outgoing radiation section 111.

[0043] First, a process (a) is explained, referring to drawing 2.

[0044] (a) On the semi-conductor substrate 101 which consists of an n mold GaAs, carry out the laminating of the buffer layer (not shown) which consists of an n mold GaAs, aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As, and the aluminum<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As by turns, and form the lower mirror 102 of 30 pairs which doped Se. next, GaAs with an n mold cladding layer (not shown) which consists of n mold aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As on lower mirror 102a, and a thickness of 4nm — a well — from a layer and an aluminum<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As barrier layer with a thickness of 4nm — becoming — this — a well — a layer forms barrier layer 103a which consists of three layers. Furthermore, on barrier layer 103a, the laminating of p mold cladding layer (not shown) which consists of aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As and aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As, and the

aluminum0.9Ga0.1As is carried out by turns, and up mirror 104a of 30 pairs which doped Zn is formed. Then, the laminating of the contact layer 105a which consists of a p mold GaAs on up mirror 104a is carried out.

[0045] above-mentioned each class — organic metal vapor growth (MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy) — epitaxial growth can be carried out by law. 750 degrees C and a growth pressure are  $2 \times 10^4$  Pa, at this time, for example, growth temperature, the organic metal of TMGa (trimethylgallium) and TMAI (trimethylaluminum) can be used for an III group raw material, and it can use DEZn (diethylzinc) for V group raw material at H<sub>2</sub>Se and p mold dopant at AsH<sub>3</sub> and n mold dopant.

[0046] Next, on the contact layer 105, after applying a photoresist, as shown in drawing 2, the resist layer 500 of a predetermined pattern is formed by carrying out patterning of the photoresist, by the photolithography.

[0047] Subsequently, as shown in drawing 3, by using the resist layer 500 as a mask, by the reactive-ion-etching method, it etches in the shape of a mesa to contact layer 105a, up mirror 104a, and barrier layer 103a, and the pillar-shaped section 110 is formed. The reactant ion-beam-etching method for using chlorine or chlorine-based gas (a hydrogen chloride, BCl<sub>3</sub>) as etching gas is usually used for this etching. In addition, in this process, the layer etched is not limited to these but is suitably determined by the configuration of the resonator made into the purpose. Of the above process, the pillar-shaped section 110 containing the contact layer 105, the up mirror 104, and a barrier layer 103 is formed.

[0048] Next, a process (b) is explained.

[0049] (b) As shown in drawing 4, form silicon oxide (SiO<sub>x</sub> film) of 100–300nm of thickness in the front face of a resonator 120 using SiH<sub>4</sub> (mono silane) gas and O<sub>2</sub> (oxygen) gas with the ordinary pressure heat CVD method which makes N<sub>2</sub> (nitrogen) gas carrier gas. Then, by the photolithography and dry etching, as shown in drawing 4 R> 4, except for a part of side face of the pillar-shaped section 110, and the top face of the lower mirror 102, etching removal of the silicon oxide is carried out, and an insulating layer 112 is formed.

[0050] Subsequently, an Au-germanium alloy and the lower electrode 115 which carried out the laminating of nickel and the Au one by one are formed in the rear face of the semi-conductor substrate 101 with a vacuum deposition method.

[0051] Furthermore, as shown in drawing 4, the up electrode 113 is formed by the lift-off method so that it may contact the contact layer 105 and in the shape of a ring on the top face of the pillar-shaped section 110 and the side face and insulating layer 112 of the pillar-shaped section 110 may be covered. The up electrode 113 can form titanium, platinum, and gold using the metal layer which carried out the laminating one by one.

[0052] Next, a process (c) is explained with reference to drawing 5.

[0053] (c) Embed the perimeter of the pillar-shaped section 110 by resin, and obtain a buried layer 106 so that only the top face of the pillar-shaped section 110 may be exposed. What has non-compatibility to the liquefied object used in order to form the outgoing radiation section 111 in the process mentioned later is used for the resin which constitutes a buried layer 106. As this resin, fluororesin is desirable. As fluororesin, although ultraviolet curing mold fluororesin or heat-curing mold fluororesin, and 2 liquid mixing chemical reaction mold fluororesin can be illustrated, handling is a simple point and ultraviolet curing mold fluororesin is desirable.

[0054] In addition, the matter for forming a buried layer 106 is not necessarily limited to fluororesin, and if it is matter which has non-compatibility to the liquefied object which sticks to the up electrode 113 and is mentioned later, it is applicable as matter for forming a buried layer 106.

[0055] According to the above process, a buried layer 106 is formed in the perimeter of the pillar-shaped section 110, and let the pillar-shaped section 110 be an embedded structure.

[0056] Next, a process (d) is explained.

[0057] (d) Supply a liquefied object to pillar-shaped section 110 top face by the nozzle first. This supplying method is explained referring to drawing 6 – drawing 8. Drawing 6 – drawing 8 are the mimetic diagrams which expressed how to supply the liquefied object 119 to pillar-shaped section 110 top face by the nozzle with time.

[0058] The liquefied object 119 of the resin used as the quality of a component of the laser outgoing radiation section or the precursor of the resin is injected into a nozzle 117. At the tip of a nozzle 117, as shown in drawing 6, the drop of this liquefied object is made. Next, as shown in drawing 7, this drop is contacted on the top face

of the pillar-shaped section 110. And after moving a drop to the part formed in the top face of the pillar-shaped section 110 among the top face of the pillar-shaped section 110 especially the exposure of the contact layer 105, and the up electrode 113, a nozzle 117 is detached as shown in drawing 8 .

[0059] The contact layer 105 and the up electrode 113 consist of the quality of the material which has compatibility to the liquefied object 119. That is, the contact layer 105 and the up electrode 113 consist of the quality of the material which does not crawl the liquefied object 119. Thereby, the liquefied object 119 moved to the top face of the pillar-shaped section 110 can stabilize and exist in the top face of the pillar-shaped section 110 which consists of some the contact layers 105 and the up electrodes 113 which were exposed. moreover, since the buried layer 106 is formed from the resin which has non-compatibility to the liquefied object 119, the liquefied object 119 is \*\*\*\* on a buried layer 106. — even if it carries out, a buried layer 106 crawls. The crawled liquefied object is absorbed by the liquefied object formed in the top face of the pillar-shaped section 110, consequently the liquefied object 119 remains in the top face of the pillar-shaped section 110. The remaining liquefied object 119 forms the lens configuration used as the original form of the laser outgoing radiation section 111 with surface tension.

[0060] Thus, according to the approach of supplying a liquefied object to pillar-shaped section 110 top face by the nozzle, the amount of drops at the viscosity of a liquefied object, the diameter of a nozzle, and the tip of a nozzle etc. can be adjusted, or the thickness of the laser outgoing radiation section 111 can be easily controlled by surface treatment at the tip of a nozzle etc. Moreover, since the supply approach of the liquefied object by the nozzle cannot be easily influenced by the viscosity of a liquefied object, its range of an usable liquefied object is wide. Furthermore, since only a required place can supply a liquefied object certainly, there is no futility and a liquefied object does not adhere at an excessive place.

[0061] As a liquefied object of resin, ultraviolet curing mold acrylic resin, ultraviolet curing mold epoxy system resin, etc. can be mentioned, for example. As a liquefied object of a precursor, the liquefied object containing the monomer of the liquefied object of a polyimide precursor, ultraviolet curing mold acrylic resin, and ultraviolet curing mold epoxy system resin etc. can be mentioned.

[0062] Since ultraviolet curing mold resin can be hardened only by UV irradiation, it does not have the worries about the damage by the heat to a component, exfoliation of the laser outgoing radiation section by the differential thermal expansion of the semi-conductor layer and resin which are produced when heat curing is carried out, etc.

[0063] Ultraviolet curing mold resin consists of what contained at least one sort and a photopolymerization initiator among a prepolymer, oligomer, and a monomer.

[0064] As an example of ultraviolet curing mold acrylic resin, methacrylate, such as acrylate, such as epoxy acrylate, urethane acrylate, polyester acrylate, polyether acrylate, and SUPIRO acetal system acrylate, epoxy methacrylate, urethane methacrylate, polyester methacrylate, and polyether methacrylate, can be used as a prepolymer or oligomer, for example.

[0065] As a monomer, for example 2-ethylhexyl acrylate, 2-ethylhexyl methacrylate, 2-hydroxyethyl acrylate, 2-hydroxyethyl methacrylate, An N-vinyl-2-pyrrolidone, carbitol acrylate, tetrahydrofurfuryl acrylate, Monofunctional nature monomers, such as isobornyl acrylate, dicyclopentenylacrylate, and 1,3-butanediol acrylate, 1,6-hexanediol diacrylate, 1, 6-hexanedioldimethacrylate, Neopentyl glycol acrylate, polyethylene-glycol diacrylate, Bifunctional monomers, such as pentaerythritol diacrylate, trimethylolpropane triacrylate, Polyfunctional monomers, such as trimethylolpropanetrimethacrylate, a pentaerythritol thoria chestnut rate, and dipentaerythritol hexaacrylate, are mentioned.

[0066] As a photopolymerization initiator, for example Acetophenones, such as a 2 and 2-dimethoxy-2-phenyl acetophenone Butyl phenons, such as alpha-hydroxy isobutyl phenon and p-isopropyl-alpha-hydroxy isobutyl phenon A p-tert-butyl dichloro acetophenone, p-tert-UCHIRUTORI chloroacetophenone, Halogenation acetophenones, such as an alpha and alpha-dichloro-4-phenoxy acetophenone Benzophenones, such as benzophenone, N, and N-tetraethyl -4 and 4-diamino benzophenone Benzyls, such as benzyl and benzyl dimethyl ketal, a benzoin, Oximes, such as benzoin, such as benzoin alkyl ether, the 1-phenyl -1, and a 2-propane dione-



2-(o-ethoxycarbonyl) oxime The radical generating compound of benzoin ether, such as xanthenes, such as 2-methylthio xanthone and 2-chloro thioxan ton, the benzoin ether, and the isobutyl benzoin ether, and Michler's ketones can be mentioned. It has the advantage that resin after hardening ultraviolet curing mold acrylic resin is highly transparent.

[0067] As a polyimide precursor, the long-chain alkyl ester of polyamic acid and polyamic acid etc. can be mentioned. The polyimide system resin which was made to carry out heat curing of the polyimide precursor, and was obtained has 80% or more of permeability in a light field, and since the refractive index is as high as 1.7-1.9, the big lens effectiveness is acquired.

[0068] Next, a process (e) is explained.

[0069] (e) The liquefied object of the top face of the pillar-shaped section 110 is stiffened, and field luminescence laser as shown in drawing 1 is completed. When a liquefied object is the above-mentioned ultraviolet curing mold resin, it can be made to harden by irradiating ultraviolet rays.

[0070] Moreover, as a liquefied object, when the liquefied object of a polyimide precursor is used, an imide-ized reaction can be stiffened by making lifting polyimide system resin generate by carrying out heating cure processing of the liquefied object of a polyimide precursor. Although curing temperature changes with classes of precursor, viewpoints, such as prevention of the damage by the heat to a component, the damage to the resin which constitutes a buried layer 106, the differential thermal expansion of a substrate and polyimide system resin, and alloying of an electrode, to about 150 degrees C are suitable for it. As heating time, the metal atom which constitutes an electrode is set as extent which anomalous diffusion does not produce inside a semi-conductor layer.

[0071] In said process (d), although the supply approach by the dispenser nozzle 117 was illustrated as an approach of supplying a liquefied object to the top face of the pillar-shaped section 110, as shown in drawing 8 and drawing 9, the approach of injecting and supplying the liquefied object 119 to the top face of the pillar-shaped section 110 etc. is applicable using the ink jet head 118. The approach using the ink jet head 118 can supply a liquefied object to the top face of the pillar-shaped section 110 in a short time, and has the advantage that productivity is high. In case the ink jet of the liquefied object is carried out, although the liquid viscosity of a liquefied object is an important element, it can also be adjusted to suitable liquid viscosity by adding a dilution solvent in a liquefied object.

[0072] Especially as a dilution solvent applicable to the liquefied object of ultraviolet curing mold resin, although not limited, propylene-glycol-monomethyl-ether acetate, the propylene glycol monopropyl ether, methoxymethyl propionate, methoxy ethyl propionate, ethylcellosolve, ethylcellosolve acetate, ethyllactate, ethyl pill BINETO, methyl amyl ketone, a cyclohexanone, a xylene, toluene, butyl acetate, etc. can be mentioned, it is independent, or two or more sorts can be mixed and used, for example.

[0073] As a dilution solvent applicable to the liquefied object of the precursor of polyimide, a N-methyl-2-pyrrolidone can be mentioned, for example.

[0074] Furthermore, in addition to this as an approach of supplying said liquefied object to the top face of the pillar-shaped section 110, a spin coat method, a dipping method, a spray coating method, the roll coat method, the bar coat method, etc. can be used suitably.

[0075] (An operation and effectiveness) Next, the main operations and effectiveness in the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation and its manufacture approach are explained.

[0076] (1) In the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this operation, as shown in drawing 1, the outgoing radiation section 111 is formed in the top face of the pillar-shaped section 110, and it is further formed in the convex lens configuration, the top face, i.e., the laser outgoing radiation side, of the outgoing radiation section 111. By forming the laser outgoing radiation side in the convex lens configuration, in a laser outgoing radiation side, a laser beam can be made refracted and the radiation angle can be narrowed. Moreover, according to this configuration, since a radiation angle is controllable in a laser outgoing radiation side, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it also becomes possible to set up a radiation angle small.

[0077] (2) In the manufacture approach of the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of this

operation, a difference can be given to the wettability of said liquefied object to the front face of a buried layer 106, and each top face of the pillar-shaped section 110 by embedding the perimeter of the pillar-shaped section 110 by the matter which has non-compatibility to the liquefied object for forming the outgoing radiation section 111, and forming a buried layer 106. Therefore, a liquefied object can be supplied to the top face of the pillar-shaped section 110, and the laser outgoing radiation section 111 which functions as a micro lens only by hardening said liquefied object can be formed by the self aryne. According to the above process, optical-axis doubling is unnecessary and the laser outgoing radiation section 111 without an optical-axis gap can be formed at a very easy process.

[0078] As matter for forming a buried layer 106 especially, when using fluoro-resin, the difference of the wettability of said liquefied object to the top face of the pillar-shaped section 110 and the wettability of said liquefied object to the front face of said buried layer can be enlarged more. Therefore, since control of magnitude can be ensured by using fluoro-resin as said matter for forming a buried layer 106, an optical-axis gap can obtain the fewer outgoing radiation section.

[0079] (3) The path of the outgoing radiation section 111 in the plane of composition of the pillar-shaped section 110 and the outgoing radiation section 111 can be made almost equal to the path of the top face of the pillar-shaped section 110. Thereby, when array-izing especially the surface emission-type laser 100 and forming it, the outgoing radiation section 111 to which magnitude was equal can be formed. Moreover, when the path of the outgoing radiation section 111 in the plane of composition of the pillar-shaped section 110 and the outgoing radiation section 111 and the path of the top face of the pillar-shaped section 110 are mostly in agreement, a shaft perpendicular to the top face of the pillar-shaped section 110 is mostly in agreement through the optical axis of the outgoing radiation section 111, and the core of the pillar-shaped section 110. Moreover, the optical axis of the laser beam by which outgoing radiation is carried out is mostly in agreement with a shaft perpendicular to the top face of the pillar-shaped section 110 through the core of the pillar-shaped section 110. Therefore, in a surface emission-type laser 100, since a shaft perpendicular to the top face of the pillar-shaped section 110 is mostly in agreement through the optical axis of the outgoing radiation section 111, the optical axis of the laser beam by which outgoing radiation is carried out, and the core of the pillar-shaped section 110, an optical-axis gap can obtain little field luminescence mold semiconductor laser.

[0080] In addition, even if it replaces p mold and n mold in each semi-conductor layer in the gestalt of the above-mentioned operation, it does not deviate from the meaning of this invention. Although the gestalt of the above-mentioned operation explained the thing of an aluminum-Ga-As system, it is also possible to use semiconductor materials, such as other ingredient systems, for example, an In-P system, an In-aluminum-As system, a Ga-In-As system, a Ga-In-N system, an aluminum-Ga-In-P system, a Ga-In-N-As system, an aluminum-Ga-In-As system, and a Ga-In-As-P system, according to oscillation wavelength.

[0081] Moreover, the drive approach of the surface emission-type laser in the gestalt of the above-mentioned operation is an example, and various modification is possible for it unless it deviates from the meaning of this invention. Moreover, although the gestalt of the above-mentioned operation shows the surface emission-type laser the number of the pillar-shaped sections is [ surface emission-type laser ] one, even if there are two or more pillar-shaped sections in a substrate side, the gestalt of this invention is not spoiled.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing typically the cross section of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view showing typically one production process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 3] It is the sectional view showing typically one production process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 4] It is the sectional view showing typically one production process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 5] It is the sectional view showing typically one production process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 6] It is the mimetic diagram which expressed how to supply a liquefied object to the top face of the pillar-shaped section using a nozzle with time.

[Drawing 7] It is the mimetic diagram showing how to supply a liquefied object to the top face of the pillar-shaped section using a nozzle following on the process shown in drawing 6.

[Drawing 8] It is the mimetic diagram showing how to supply a liquefied object to the top face of the pillar-shaped section using a nozzle following on the process shown in drawing 7.

[Drawing 9] It is the mimetic diagram which expressed how to supply a liquefied object to the top face of the pillar-shaped section using an ink jet head with time.

[Drawing 10] It is the mimetic diagram showing how to supply a liquefied object to the top face of the pillar-shaped section using an ink jet head following on the process shown in drawing 9.

### [Description of Notations]

100 Field Luminescence Mold Semiconductor Laser (Surface Emission-type Laser)

101 Semi-conductor Substrate

102 Lower Mirror

103,103a Barrier layer,

104,104a Up mirror

105,105a Contact layer

106 Buried Layer

110 Pillar-shaped Section

111 Outgoing Radiation Section

112 Insulating Layer

113 Up Electrode

115 Lower Electrode

116 Opening

117 Nozzle

118 Ink Jet Head

119 Liquefied Object

120 Resonator

500 Resist Layer

---

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**